

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
институт

Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.Е. Косенко
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2019 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Технология изготовления бортовой кабельной сети
космического аппарата и ее особенности»
Тема

15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
код и наименование направления

15.04.05.02 «Технология космических аппаратов»
код и наименование магистерской программы

Научный
руководитель

_____ профессор МБК ПФКТ
подпись, дата д-р техн.наук, профессор
должность, ученая степень

А.К.Шатров
инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

Г.Н.Черкашина
инициалы, фамилия

Рецензент

_____ ведущий инженер-технолог
подпись, дата цех 030 АО «ИСС»
должность, ученая степень

Т.А.Аристова
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

Е.С. Сидорова
инициалы, фамилия

Красноярск 2019

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
ИНСТИТУТ

Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.Е. Косенко
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 20__ г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации**

Студенту: Черкашиной Галине Николаевне.

группа МТ17-04М Направление (специальность) 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», 15.04.05.02 «Технология космических аппаратов».

Тема выпускной квалификационной работы: «Технология изготовления бортовой кабельной сети космического аппарата и ее особенности»

Утверждена приказом по университету от 11.02.2019 г. № 1852/с.

Руководитель ВКР: Александр Константинович Шатров д-р техн.наук, профессор МБК ПФиКТ.

Исходные данные для ВКР:

Принципы проектирования и изготовления бортовой кабельной сети в АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва, основные требования, предъявляемые к кабельной продукции. Технология изготовления бортовой кабельной сети. Перспективные направления инновации в материалах и технологиях, позволяющих снизить массу и увеличить надежность космического аппарата.

Перечень разделов ВКР:

- 1 Кабельная сеть в составе космического аппарата.
- 2 Проектирование, разработка и изготовление бортовой кабельной сети.
- 3 Технология изготовления бортовой кабельной сети космического аппарата.
- 4 Анализ пайки и отработка технологии пайки алюминиевых проводов с посеребрёнными жилами в контакты соединителей.
- 5 Инновации в методе импортозамещения материалов в бортовой кабельной сети космического аппарата.

Перечень графического материала: слайды презентации.

Руководитель ВКР _____ А.К. Шатров
подпись инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению _____ Г.Н. Черкашина
подпись инициалы и фамилия студента

« ____ » _____ 20__ г.

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Технология изготовления бортовой кабельной сети космического аппарата и ее особенности» содержит 79 страниц текстового документа, 4 приложения, 22 использованных источника, 49 рисунков, 15 таблиц.

БОРТОВАЯ КАБЕЛЬНАЯ СЕТЬ, КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ, ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОБЖИМНЫЕ КОНТАКТЫ, ШИНЫ ПИТАНИЯ, АЛЮМИНИЕВЫЙ ПРОВОД, ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Объект исследования – общий подход к проектированию бортовой кабельной сети космических аппаратов, перспективные технологии изготовления бортовой кабельной сети. Применение новейших технологий при создании БКС для современных КА, позволяющих добиться снижения массы и увеличения надежности космического аппарата.

Целью работы является проведение анализа требований к современным технологиям бортовой кабельной сети и рассмотрение технологии изготовления БКС в АО «ИСС», выявление ее особенностей, позволяющих обеспечить требования, предъявляемые к современной кабельной продукции:

- повышение качества и надежности бортовой кабельной сети;
- сокращение сроков создания кабельной сети;
- уменьшение массы;
- возможность доработки на любом этапе изготовления.

В процессе исследования был выполнен анализ применения инновационных материалов при изготовлении БКС - применение алюминиевых проводов. Проведено опробование пайки и отработка технологии пайки алюминиевых проводов и разработана типовая технологическая операция с применением алюминиевого провода с посеребренными жилами, для применения ее в АО «ИСС». Применение алюминиевых проводов приведет к снижению массы БКС КА до 15 %.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	78
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	82
Приложение Б Соответствие размера проводов по Американскому проволочному стандарту (AWG).....	86
Приложение В-Г Типовая технологическая операция «Пайка проводов в соединители» и «Обжимка провода в контакт».....	87-103

ВВЕДЕНИЕ

Космическая отрасль для России является одной из главных и занимает одну из лидирующих позиций в сфере изучения и освоения космического пространства. Для поддержания статуса ведущей космической державы Россия должна решать такие вопросы как повышение качества, конкурентоспособности и надежности ракетно-космической техники. Обеспечение надежности является важнейшей задачей в космической отрасли, прежде всего из-за высокой стоимости выведения космического аппарата на орбиту и отсутствия возможности его ремонта на орбите [1]. Государственная программа «Федеральная космическая программа на 2016-2025» определяет цели и задачи ракетно-космической промышленности и предусматривает создание условий для прорыва на основе новых космических технологий в космической деятельности страны в указанный период [2].

Основными задачами России в области космической деятельности является наращивание орбитальной группировки космических аппаратов различного назначения, и эти космические аппараты должны быть современными и должны выдерживать конкуренцию с зарубежными аналогами по эффективности, надежности и долговечности.

Акционерное Общество «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева» (АО «ИСС») в рамках технологической платформы «Национальная информационная спутниковая система» (ТП «НИСС») сформулировало стратегию выхода на передовые позиции в мире среди ведущих производителей спутников связи различного класса [3]. Важной целью ТП «НИСС» является разработка и внедрение новейших технологий для повышения показателей потребительских свойств космических аппаратов новых поколений. ТП «НИСС» направлена на достижение уровня наиболее успешных зарубежных производителей информационных спутниковых систем,

таких как, американских Boeing, Lockheed Martin, Orbital Sciences Corporation и европейской Thales Alenia Space.

АО «ИСС» в рамках ТП «НИСС» совершенствует и создает новые технологии в области проектирования и изготовления бортовой кабельной сети, направленные на снижения веса КА:

- технология монтажа кабельной сети с помощью обжимных контактов и сростков; технология методом обжимки была разработана в качестве альтернативы к соединению проводов методом пайки (применение пайки имеет ограничения при доработке БКС);
- создание конструкции силовой кабельной сети с использованием алюминиевых токопроводящих шин;
- применение новых материалов при пайке, таких как, алюминиевые провода с посеребренными жилами;
- технология проектирования, моделирования, изготовления и испытаний трехмерной бортовой кабельной сети (БКС) космического аппарата (КА) [4].

Применение новейших технологий при создании БКС КА для современных КА позволит добиться снижения массы изделия, что в свою очередь снижает стоимость его запуска.

Целью работы является проведение анализа требований к современным технологиям бортовой кабельной сети (БКС) и рассмотрение технологии изготовления БКС в АО «ИСС» и выявление ее особенностей.

Задачи работы:

- 1) анализ конструкции современной кабельной сети и определение элементов кабельной сети;
- 2) анализ имеющейся технологии изготовления кабельной продукции в Обществе и выявление ее особенностей;
- 3) анализ применения инновационных материалов при изготовлении БКС, позволяющих снизить массу КА, на примере применения алюминиевых

проводов с посеребренными жилами, масса которых на 25-35% меньше массы проводов с медными жилами. Проведение опробования пайки, отработка технологии пайки алюминиевых проводов в контакты соединителей;

4) подтверждение работоспособности паянных электрических соединений, разработка типовых технологических операций (ТТО) «Пайка проводов в соединители», «Обжимка провода в контакт» с применением монтажного алюминиевого провода (АП) с посеребренными жилами. В ТТО указано каким припоем и флюсом паять АП, каким инструментом снимать изоляцию и время пайки, для дальнейшего применения их в АО «ИСС». Применение алюминиевых проводов приведет к снижению массы БКС КА до 15 %.

[изъято 71 страница]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для поддержания лидирующего положения российской космической отрасли на мировом рынке необходимо постоянное развитие и применение новых инновационных технологий и материалов. В АО «ИСС» отслеживаются современные тенденции в области спутникостроения и вкладываются серьезные средства в модернизацию производства, чтобы обеспечить изготовление конкурентоспособной продукции.

Целью данной работы было провести анализ технологии изготовления БКС, имеющейся в настоящее время в АО «ИСС» и выявление особенностей ее изготовления.

В процессе исследования был выполнен анализ предметной области, определено место кабельной продукции в составе КА, проанализированы общие принципы проектирования и изготовления кабельной продукции в АО «ИСС».

Проведен анализ технологии изготовления БКС в АО «ИСС»:

- исследована технология пайки проводов в контакты соединителей, рассмотрены требования к пайке монтажных соединений;
- проведен анализ технологии проектирования, моделирования, изготовления и испытаний трехмерной бортовой кабельной сети, с указанием преимуществ данной технологии. Применение метода трехмерного моделирования позволяет достаточно точно определять длины проводов, входящих в кабельные жгуты. Кроме того, трехмерное моделирование позволяет рассчитывать оптимальную геометрию вспомогательных устройств для раскладки кабелей (кронштейны), прослеживать технологический процесс и физическую реализуемость стыковки разъемных соединений КА, обеспечивать оптимальную компоновку оборудования КА, а также оптимизировать конфигурацию кабелей при прокладке кабельной сети;

- проанализированы общие требования к выполнению обжимных соединений, требования к монтажу кабелей в соединители и методика контроля обжимных соединений;

- рассмотрено применение инновационных материалов при пайке соединителей БКС, которое приведет к снижению массы БКС КА до 15 %- это применение алюминиевых проводов с посеребренными жилами. Проведен анализ, опробование пайки и отработка технологии пайки алюминиевых проводов в контакты соединителей. Опираясь на полученные результаты, и проведя анализ пайки АП, предложены типовые технологические операции (ТТО) «Пайка проводов в соединители» и «Обжимка провода в контакты» с применением алюминиевых проводов, для дальнейшего использования в АО «ИСС».

Определены перспективные направления, требования, предъявляемые к бортовым кабельным сборкам. Анализ конструкции современной БКС КА, определение элементов кабельной сети, позволяющих обеспечить требования, предъявляемые к современной кабельной продукции, таких как:

- повышение качества и надежности кабельных сетей для обеспечения срока эксплуатации космического аппарата до 15 лет и более;
- сокращение сроков создания кабельной сети в 2 раза;
- снижение трудоемкости в 2 раза;
- уменьшение массы в 1,5 раза;
- возможность доработки на любом этапе изготовления.

При изготовлении БКС КА с применением новых материалов и технологий снизится трудоемкость и масса бортовых кабелей. Внедрение новых технологий позволит предприятию иметь современное конкурентоспособное кабельное производство, обеспечивающее возможность участие в совместных международных проектах по созданию КА.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АО «ИСС» – АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва;

АП – алюминиевый провод;

АСКМ – автоматизированная система контроля монтажа;

БКС – бортовая кабельная сеть;

ГОСТ – государственный стандарт;

ИД – исходные данные;

КА – космический аппарат;

КД – конструкторская документация;

КПА – контрольно-проверочная аппаратура;

МПН – модуль полезной нагрузки;

МСС – модуль служебных систем;

НЧ – низкочастотная;

НЧ БКС – низкочастотная БКС;

НЭО – наземная экспериментальная отработка;

ОСТ – отраслевой стандарт;

ОТК – отдел технического контроля;

ПВИ – предъявительские испытания;

ПИ – периодические испытания;

ПМ – программа и методика испытаний;

ПСИ – приемо-сдаточные испытания;

СОС – система ориентации и стабилизации;

СТР – система терморегулирования;

СЭП – система электропитания;

ТВИ – термовакуумные испытания;

ТД – техническая документация;

ТИ – типовые испытания;

ТКА – термоусаживаемая кабельная арматура;

ТП «НИСС» – технологическая платформа «Национальная информационная спутниковая система»;

ТТО – типовая технологическая операция;

ТУ – технические условия;

ЭРИ – электрорадиоизделия;

ЭТМИ – электронная трехмерная модель.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Крылов, А., Крейденко К. Производство и эксплуатация спутников связи и вещания / А Крылов, К. Крейденко // [Электронный ресурс].- Межотраслевой журнал навигационных технологий «Вестник ГЛОНАСС». Систем.требования: AdobeAcrobat. - Режим доступа: <http://vestnik-glonass.ru/stati/proizvodstvo-i-ekspluatatsiya-sputnikov-svyazi-i-veshchaniya-prodolzhenie/>.

2Госкорпорация «РОСКОСМОС» Федеральная космическая программа на 2016-2025» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.roscosmos.ru/22347/>

3 Крюков, А. Инновационные кластеры в РФ: взгляд в будущее. Прогресс на горизонте / А. Крюков, В. Лаптев, А. Терешков, [Электронный ресурс]: интернет-портал «Российской газеты» © 1998-2016 ФГБУ «Редакция «Российской газеты». - Режим доступа: <https://rg.ru/2014/08/12/klasteri.html>.

4 Халиманович, В.И. Стратегическая программа исследований технологической платформы. «Национальная информационная спутниковая система» на 2016 – 2020 годы, 2016 г. [Электронный ресурс]Систем.требования: AdobeAcrobat. - Режим доступа: <https://tp.iss-reshetnev.ru/documents/documens-other/programm-2016-2020.pdf>.

5Чеботарев, В. Е., Косенко, В. Е. Основы проектирования космических аппаратов информационного обеспечения: Учеб. Пособие. / В.Е. Чеботарев, В.Е. Косенко.- Красноярск: Сиб. гос. ун-т., 2011. 488 с.

6 СТП 154-180-2008. «Система менеджмента качества. Требования к проектированию и разработке кабелей».- Взамен СТП 154-180-2003; введ. АО «ИСС», 2008.- 44 с.

7 ОСТ 92-0320-68 Кабели. Общие технические условия. Ред.2 взамен ОСТ 0092-0320-68. – Введ. 16.11.1979 г. № 221/6-И657. – Москва: 1980. – 38 с.

8 ОСТ 92-8730-2003 Монтаж бортовой кабельной сети. Технические требования. Взамен ОСТ 92-8730-76. – Введ.инструкт.письмом 05.07.1982 № 222, установлен 01.07.1983 г. – Москва: 1983. – 55 с.

9 ГОСТ Р 56530-2015 Совместимость космической техники электромагнитная. Общие требования к бортовой кабельной сети космической техники. –Введ.01.01.2016.- Москва:Стандартинформ, 2016.- 11с.

10ОСТ 92-8584-2003 Кабели. Монтаж и способы заделки. – Взамен ОСТ 92-8584-74; введ. 01.09.2003.- Москва: ФГУП «ЦНИИ машиностроения», 2003.- 36 с.

11 ECSS-Q-70-26A Гарантирование космической продукции. Обжимка высоконадежных электрических соединений. – Нидерланды : изд-во. ESAESTEC, Box 299,2200AGNoordwijkTheNetherlands, 2001 – 43 с.

12 ECSS-Q-70-08A Гарантирование космической продукции. Обжимка высоконадежных электрических соединений 2 изд. – Нидерланды : изд-во. EKAESTEC, Box 299,2200AGNoordwijkTheNetherlands, 2009 – 43 с.

13 Васильев, И.С. Надежность электрических соединений в бортовой кабельной сети перспективных космических аппаратов / И.С. Васильев, В.С. Ким, С.В. Ефремов, интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2013. - №3. Систем.требования: AdobeAcrobat. [Электронный ресурс] - Институт Государственного управления, права и инновационных технологий (ИГУПИТ). - Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/86tvn313.pdf> .

14РД 134-0209-2013 нормативный документ по стандартизации РКТ. Методические указания. Выполнение высоконадежных электрических соединений в изделиях ракетно-космической техники методом обжимки. – Введ. Впервые, зарегистрирован в ЦКБС ФГУП ЦНИИмаш 14.11.2013. – Железнодорожск АО «ИСС», 2013. – 18 с.

15Мармышев, А. ИСС заключила контракт на поставку шин питания для спутников / А. Мармышев // [Электронный ресурс]: RIA.RU Информационное агентство РИА Новости. - Режим доступа: <http://ria.ru/science/20120914/749917212.html>.

16Двирный, В. В. Уменьшение массы кабельной продукции для космических аппаратов / В. В. Двирный, Н. В. Еременко, Г. В. Двирный, Вестник СибГАУ. – 2015. - Т. 16. - № 3. с. 658–663.

17Ефремов,С. В., Гаврюшов, М. В.Применение технологии силовых алюминиевых шин BUS BAR на космических аппаратах ОАО «ИСС»/С.В. Ефремов, М.В. Гаврюшов // [Электронный ресурс]: Научная библиотека - cyberleninka.ru:<https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-tehnologii-silovyh-alyuminievyh-shin-bus-bar-na-ka-oao-iss>.

18 Спутниковые коммуникации. [Электронный ресурс]: Журнал «Информационные спутниковые системы». – 2010. - №10. Систем.требования: AdobeAcrobat. - Режим доступа: <http://www.iss-reshetnev.ru/media/journal/journal-10-2010.pdf>.

19Черкашина,Г.Н., Аристова, Т.А. Инновации в применении материалов при пайке соединителей бортовой кабельной сети /Г.Н.Черкашина, Т.А.Аристова //Решетневские чтения [Электронный ресурс] : материалы XXI Междунар. науч.-практ. конф., (08–11 нояб. 2017, г. Красноярск) : в 2 ч. / Красноярск, 2017. Ч. 1. – 655 с.

20 S551995: Алюминиевые провода и кабели. Электрические, 600 V, низкочастотные, основная спецификацияAXALU^o–S551995. – Введ. 15.09.2012. – г. Железногорск: АО «ИСС», 2012. - 45 с.

21 S551996: Алюминиевые провода и кабели с посеребренными алюминиевыми жилами, низкочастотные, 600 V, основная спецификацияAXALU^o–S551996. – Введ. 15.09.2012. – г. Железногорск: АО «ИСС», 2012. - 24 с.

22Г.Н.Черкашина. Инновации в методе импортазамещения материалов в бортовой кабельной сети космического аппарата/Г.Н.Черкашина //Решетневские чтения: материалы XXII Междунар. науч.-практ. конф.,(12–16нояб. 2018, г. Красноярск) : в 2 ч. / Красноярск, 2018. Ч. 1. –539 с

[изъято 4 страницы]

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
институт

Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

В.Е. Косенко

подпись

инициалы, фамилия

« 14 » июня 2019 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Технология изготовления бортовой кабельной сети
космического аппарата и ее особенности»
Тема

15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
код и наименование направления

15.04.05.02 «Технология космических аппаратов»
код и наименование магистерской программы

Научный
руководитель

А.К. Шатров
подпись, дата

профессор МБК ПФКТ
д-р техн. наук, профессор
должность, ученая степень

А.К.Шатров

инициалы, фамилия

Выпускник

Чер 3.06.19г
подпись, дата

Г.Н.Черкашина

инициалы, фамилия

Рецензент

1.06.19г
подпись, дата

ведущий инженер-технолог
цех 030 АО «ИСС»
должность, ученая степень

Т.А. Аристова

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

Е.С. Сидорова
подпись, дата

Е.С. Сидорова

инициалы, фамилия

Красноярск 2019